



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102424354 A

(43) 申请公布日 2012.04.25

(21) 申请号 201110242718.8

(22) 申请日 2011.08.23

(71) 申请人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市四牌楼 2 号

(72) 发明人 张程宾 陈永平

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 张惠忠

(51) Int. Cl.

B81B 7/00 (2006.01)

B82B 1/00 (2006.01)

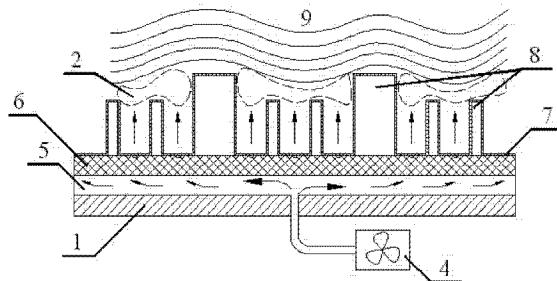
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 3 页

(54) 发明名称

分形结构粗糙表面

(57) 摘要

本发明公开了一种分形结构粗糙表面，包括基体，其特征在于：在所述的基体上设置有一不凝性气膜层，该不凝性气膜层由压缩气体发生器、气体容纳腔和多孔芯组成，所述的多孔芯通过连接件配置在所述的基体的表面上，所述的基体与所述的多孔芯之间的缝隙形成所述的气体容纳腔；在所述的多孔芯的外表面设置有粗糙结构，该粗糙结构为具有分形特征的一系列微肋结构，至少具有两级的凹凸微肋分布，以形成超疏水表面；所述的不凝性气膜层产生的不凝性气体维持有一定的压力，浸于微肋结构之间的孔隙中。本发明结合了超疏水表面和气膜这两种流动减阻技术，因而可实现高效流动减阻和节能的目的。



1. 一种分形结构粗糙表面，包括基体，其特征在于：在所述的基体上设置有一不凝性气膜层，该不凝性气膜层由压缩气体发生器、气体容纳腔和多孔芯组成，所述的多孔芯通过连接件配置在所述的基体的表面上，所述的基体与所述的多孔芯之间的缝隙形成所述的气体容纳腔；在所述的多孔芯的外表面设置有粗糙结构，该粗糙结构为具有分形特征的一系列微肋结构，至少具有两级的凹凸微肋分布，以形成超疏水表面；所述的不凝性气膜层产生的不凝性气体维持有一定的压力，浸于微肋结构之间的孔隙中。

2. 根据权利要求 1 所述的分形结构粗糙表面，其特征在于：在所述的多孔芯的外表面和所述的粗糙结构的外表面均镀上低表面能物质。

3. 根据权利要求 1 所述的分形结构粗糙表面，其特征在于：所述的粗糙结构具有分形结构特征，对于第  $(n+1)$  级， $x$  方向长度为

$$L_{x,n+1} = \left(\frac{1}{f_x}\right) L_{x,n} = \left(\frac{1}{f_x}\right)^{n+1} L_0, \quad z \text{ 方向凸起高度为 } h_{z,n+1} = \left(\frac{1}{f_z}\right) h_{z,n} = \left(\frac{1}{f_z}\right)^{n+1} h_0, \quad y \text{ 方向宽度为}$$

$$L_{y,n+1} = \left(\frac{1}{f_y}\right) L_{y,n} = \left(\frac{1}{f_y}\right)^{n+1} W_0, \quad z \text{ 方向下凹深度为 } H_{z,n+1} = \left(\frac{1}{f_z}\right) H_{z,n} = \left(\frac{1}{f_z}\right)^{n+1} H_0, \text{ 其中： } L_0, W_0$$

分别为表面单元体长和宽， $f_x, f_y, f_z$  分别为  $x, y, z$  向尺度缩放系数， $h_0, H_0$  分别为第 0 级凸起高度和下凹深度。

## 分形结构粗糙表面

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种流动减阻的功能性结构元件，具体涉及的是一种分形结构粗糙表面。

### 背景技术

[0002] 超疏水表面是实现流动减阻的一种优选技术。表面疏水时，降低固体的表面自由能，能够提高固体表面的疏水性，但仅仅依靠降低物质表面自由能是无法达到超疏水的，必须对表面的粗糙结构加以考虑以达到超疏水性。荷叶表面正是粗糙表面和疏水材料的完美结合。荷叶效应这种自洁和疏水功能，启发人们模拟荷叶表面的微结构，制备具有防黏减阻功能的仿生表面。已有的研究表明，荷叶表面的阶层结构具有分形特征，表面粗糙分布的分形结构被认为是形成超疏水表面的理想结构。另外，在固体表面与液体之间形成不凝性气膜也是实现流动减阻的一种重要技术途径。由于气膜的存在，液体无法渗透入表面凹槽结构内，缩小了固体表面与液体接触面，减小液体与固体表面之间的摩擦力。

[0003] 为此，本发明针对具有疏水特性的表面提供了一种分形结构粗糙表面，得到具有超疏水性的功能表面，并在此粗糙表面嵌入不凝性气膜层。本发明结合了超疏水表面和气膜这两种流动减阻技术，因而实现高效流动减阻和节能的目的。

### 发明内容

[0004] 本发明提供了一种分形结构粗糙表面，该表面结合了超疏水表面和气膜这两种流动减阻技术以实现高效节能的目的。

### 技术方案

为实现表面结构的流动减阻进而达到高效节能的目的，本发明采用的技术方案是：

一种分形结构粗糙表面，包括基体，其特征在于：在所述的基体上设置有一不凝性气膜层，该不凝性气膜层由压缩气体发生器、气体容纳腔和多孔芯组成，所述的多孔芯通过连接件配置在所述的基体的表面上，所述的基体与所述的多孔芯之间的缝隙形成所述的气体容纳腔；在所述的多孔芯的外表面设置有粗糙结构，该粗糙结构为具有分形特征的一系列微肋结构，至少具有两级的凹凸微肋分布，以形成超疏水表面；所述的不凝性气膜层产生的不凝性气体维持有一定的压力，浸于微肋结构之间的孔隙中。

[0006] 荷叶表面具有双微观结构特征(微米尺度的微观结构和纳米尺度的微观结构)，大量空气储存在微米尺度的凹凸腔体中，使得水珠只与荷叶表面乳突上面的纳米尺度的蜡质晶体毛茸相接触，这就是荷叶表面具有超疏水性的原因所在。受此思想启迪，本发明采用具有分形特征的多级凹凸微肋结构来构建具有多尺度粗糙结构表面，并镀上低表面能的物质使其达到超疏水性。低表面能物质为有机硅单体、含氟、硅基团的物质和聚四氟乙烯等。

[0007] 所述的压缩气体发生器产生的高压气体进入到所述的气体容纳腔，接着均匀地渗透入多孔芯的连通空腔中进而进入到微肋结构体之间的孔隙中。由于孔隙中的气体维持有一定的压力，液体无法渗透入孔隙中，缩小了固体表面与液体接触面，减小液体与固体表面

之间的摩擦力。这样，气膜的存在，托起了流过表面的液体，进一步减少了液体流过超疏水表面流动阻力。

#### [0008] 有益效果

本发明针对具有疏水特性的表面提供了一种分形结构粗糙表面，采用具有多级凹凸微肋结构来构建具有多尺度粗糙结构表面，并镀上低表面能的物质使其达到超疏水性。另外，在此粗糙结构表面嵌入维持有一定压力的不凝性气膜层，进一步托起流过表面的液体。本发明结合了超疏水表面和气膜这两种流动减阻技术，因而可实现高效流动减阻和节能的目的。

#### 附图说明

[0009] 图 1 分形结构粗糙表面。

[0010] 图 2 粗糙结构立体示意图。

[0011] 图 3 粗糙结构在  $x$  方向上的生成示意图。

[0012] 图 4 粗糙结构在  $y$  方向上的生成示意图。

[0013] 图中 1. 基体；2. 不凝性气膜层；3. 粗糙结构；4. 压缩气体发生器；5. 气体容纳腔；6. 多孔芯；7. 低表面能物质；8. 微肋结构；9. 液体。

#### 具体实施方式

[0014] 下面结合附图进行更进一步的详细说明：

图 1 给出了分形结构粗糙表面示意图，一种分形结构粗糙表面，由基体 1、不凝性气膜层 2 和粗糙结构 3 所组成。不凝性气膜层 2 由压缩气体发生器 4、气体容纳腔 5 和多孔芯 6 所组成。多孔芯 6 通过连接件 7 配置在基体 1 的表面上，基体 1 与多孔芯 6 之间的缝隙形成气体容纳腔 5。粗糙结构 3 配置在多孔芯 6 的表面上。多孔芯 6 的外表面和粗糙结构 3 的外表面均镀上低表面能物质 7 以提高表面疏水性。粗糙结构为粗糙分布具有分形特征的一系列微肋结构 8，以形成超疏水表面。不凝性气膜层 2 产生的不凝性气体维持有一定的压力，浸于微肋结构 8 之间的孔隙中以托起流过表面的液体 9。

[0015] 图 2 给出了粗糙结构立体分布，该图清晰地表达本发明涉及的粗糙结构。对于长宽为  $L_0 \times W_0$  的表面单元体，生成具有分形结构特征粗糙表面的步骤如下：

(1) 沿  $x$  方向，将表面轮廓分为  $(2s-1)$  段 ( $x$  向第 0 级)，将各段从左到右按  $1, 2, \dots, 2s-1$  依次排序，其中奇数段与奇数段等长，偶数段则与偶数段等长，奇数段总长  $L_{x,1}$  为初始表面长度  $L_0$  的  $1/f_x$  ( $x$  向尺度缩放系数  $f_x > 1$ )。在高度方向上 ( $z$  向)，偶数段凸起高度保持  $h_0$ ；

(2) 将上述各奇数段再次按上述方法各分成  $(2s-1)$  段，其中的偶数段高度  $h_{z,1}$  为上一级偶数段凸起高度  $h_0$  的  $1/f_z$  ( $z$  向尺度缩放系数  $f_z > 1$ )；

(3) 不断重复以上步骤，生成如图 3 所示的  $x$  方向上的粗糙结构。根据这种方法生成的  $(n+1)$  级  $x$  方向长度和凸起高度分别为

$$L_{x,n+1} = \left(\frac{1}{f_x}\right) L_{x,n} = \left(\frac{1}{f_x}\right)^{n+1} L_0 \quad (1)$$

$$h_{z,n+1} = \left(\frac{1}{f_z}\right) h_{z,n} = \left(\frac{1}{f_z}\right)^{n+1} h_0 \quad (2)$$

(4) 对于向上凸起的每一段粗糙轮廓, 将其作为该段  $y$  向第 0 级表面轮廓, 其高度设为  $H_0$ 。将凸起的每一段粗糙轮廓分为  $(2k-1)$  段, 沿  $y$  方向将各段按  $1, 2, \dots, 2k-1$  依次排序, 其中奇数段与奇数段等长, 偶数段则与偶数段等长, 奇数段总宽  $L_{y,1}$ ,  $1$  为初始表面宽度  $W_0$  的  $1/f_y$  ( $y$  向尺度缩放系数  $f_y > 1$ )。在高度方向上 ( $z$  向), 偶数段下凹深度  $H_{z,1}=H/f_z$ ;

(5) 将步骤 (4) 中各奇数段再次按上述方法各分成  $(2s-1)$  段, 其中的偶数段高度  $H_{z,2}$  为上一级偶数段下凹深度  $H_{z,1}$  的  $1/f_z$  ( $f_z > 1$ ), 奇数段总宽  $L_{y,2}$  为上一级宽度  $L_{y,1}$  的  $1/f_x$  ( $f_x > 1$ );

(6) 不断重复以上步骤 (4)、(5), 生成如图 4 所示的  $y$  方向上的粗糙结构。根据这种方法生成的  $(n+1)$  级  $y$  方向宽度和下凹深度分别为

$$L_{y,n+1} = \left(\frac{1}{f_y}\right) L_{y,n} = \left(\frac{1}{f_y}\right)^{n+1} W_0 \quad (1)$$

$$H_{z,n+1} = \left(\frac{1}{f_z}\right) H_{z,n} = \left(\frac{1}{f_z}\right)^{n+1} H_0 \quad (2)$$

$f_y, f_z$  分别为  $y, z$  向尺度缩放系数。

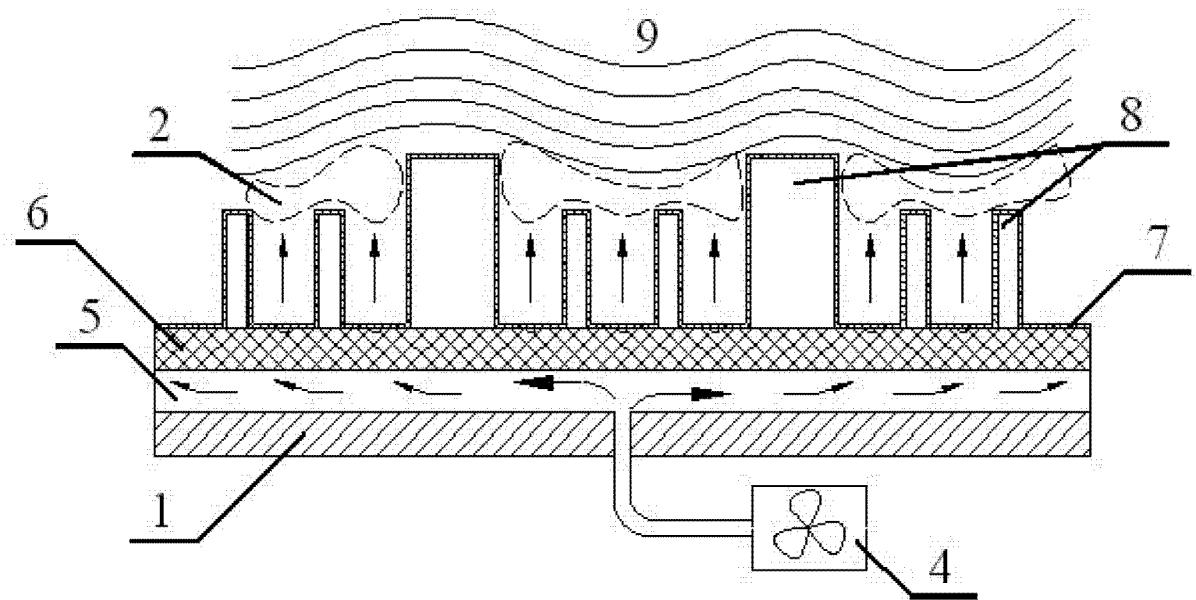


图 1

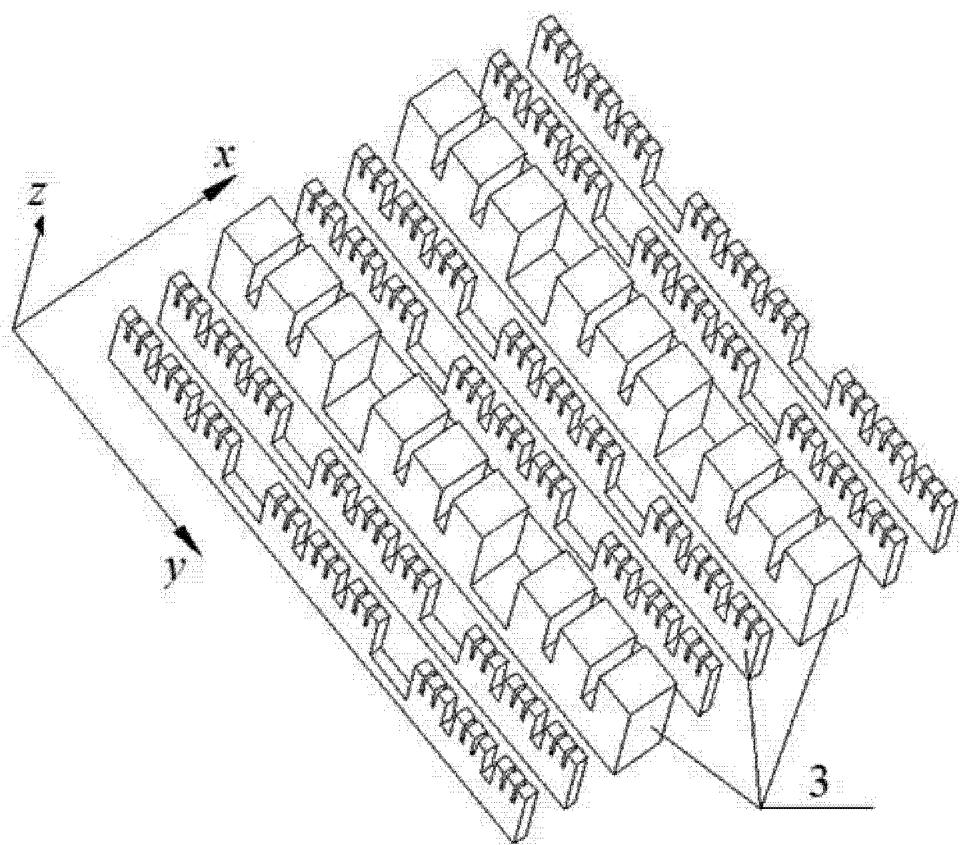


图 2

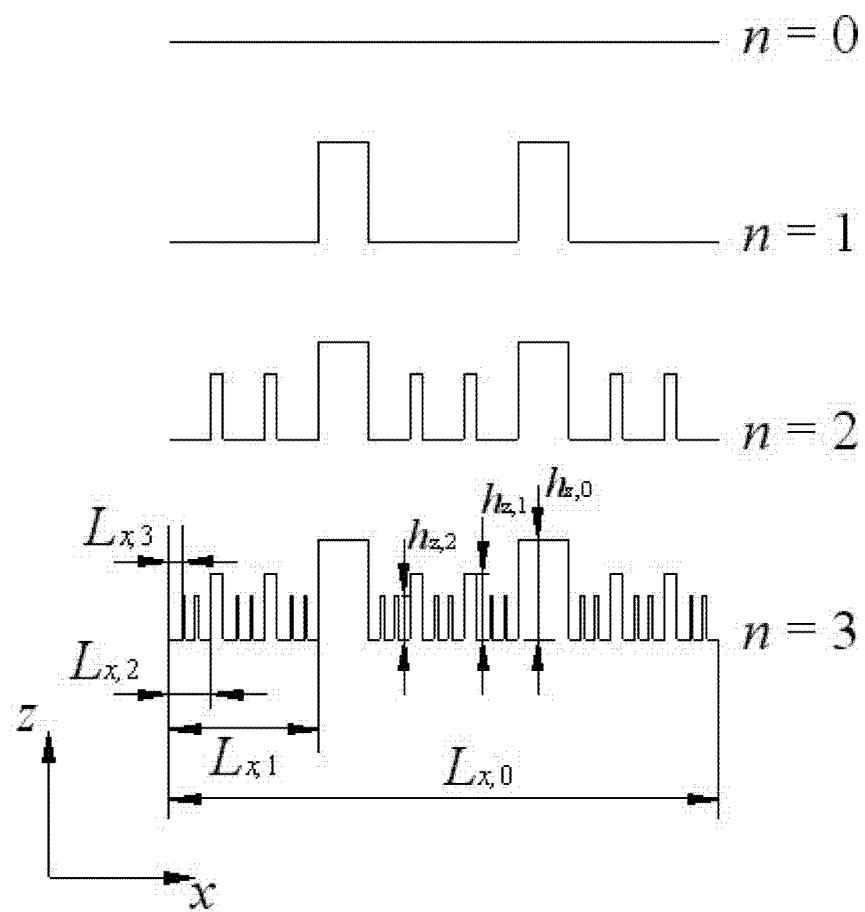


图 3

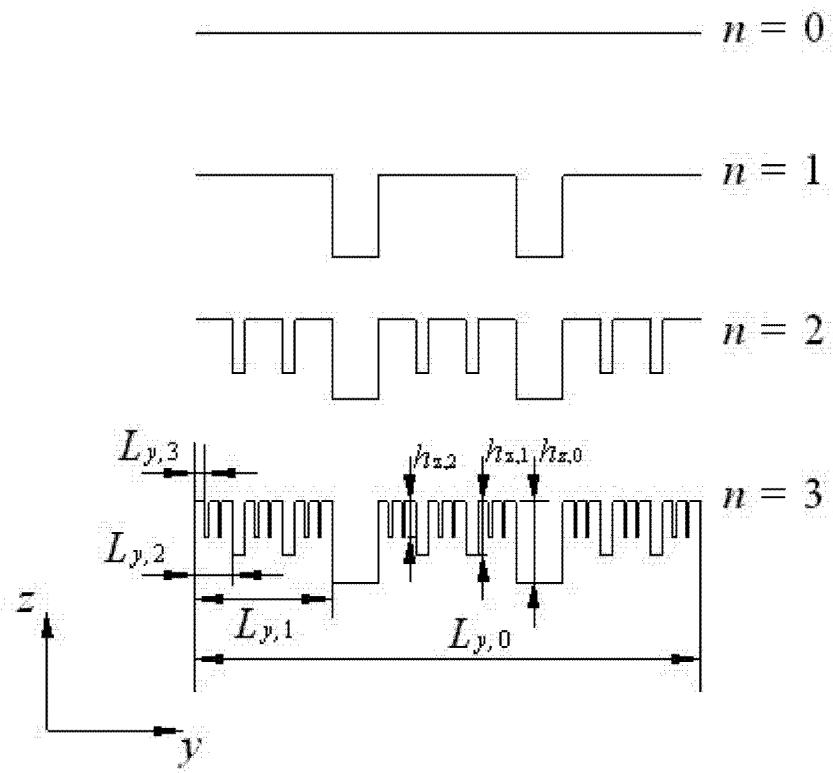


图 4